第９講　生態系内の物質循環

【1】　次の文１～４を読み，(Ⅰ)～(Ⅳ)の各問いに答えよ。

〔文１〕

生物は，少数の例外をのぞいて，(ア)太陽のエネルギーを生命の維持に利用している。緑色植物は，光合成によって，光エネルギーを利用して二酸化炭素と水から有機物を合成する。有機物の形をとったエネルギーは，食物連鎖の過程でさまざまな仕事をし，最終的には熱エネルギーとなって地球外へと失われる。一方，物質も生物間を移動していく。(イ)植物は草食動物に食べられ，草食動物は肉食動物に食べられる。また，動物の死骸や排泄物，あるいは枯れた植物などは微生物により無機化合物や簡単な有機化合物に分解され，よく象徴的にいわれるように「再び土にかえる」。そして，その物質を利用してまた新たな生命が育まれる。生物が利用している物質は，30～40種類の元素からなり，これらは生体元素と呼ばれる。すべての生体元素は，生物と無生物の間を循環している。これが物質循環である。

地球上の循環物質は光合成生物の出現によって大きく変化し，地球環境と生物は相互作用しながら変化してきた。(ウ)原始大気の主成分であった二酸化炭素は，光合成の基質として使われ，現在では大気のわずか0.035％を占めるに過ぎない。代わって，光合成の副産物である酸素の量が増大し，これは好気的な呼吸の発達をうながした。(エ)好気的な呼吸の効率的なエネルギー獲得様式は，生命に新たな進化の可能性をひらいた。また，酸素量の増大はオゾン層の形成をもたらした。オゾン層によって紫外線から保護されるようになった生物は，ここに初めて本格的に陸上への進出を果たしたと考えられている。一方，大気中の窒素分子の量は，地球の歴史を通して大きくは変化しなかった。窒素はアミノ酸やヌクレオチドの合成に不可欠な元素であり，窒素分子から放電などにより有機窒素化合物が生成され，原始生命の誕生につながったと考えられる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

〔文 2〕

窒素は自然界において，窒素分子，無機窒素化合物，有機窒素化合物の 3 つの形をとっている。自然界での窒素の循環について，現在考えられている概略を示したのが図 1 である。植物は無機窒素化合物を吸収してアミノ酸やタンパク質などの有機窒素化合物を作り，それを動物が利用する。枯れた植物，動物の遺体や排泄物などを従属栄養微生物が分解する。有機窒素化合物が分解されると，アンモニウム塩が生じる。(オ)アンモニウム塩は植物によって直接利用されるか，あるいは生物作用によって亜硝酸塩を経て硝酸塩に酸化される。酸素の少ない環境下ではアンモニウム塩のままのこともある。以上が自然界での窒素の主要な循環経路で，図 1 では太い矢印で示している。

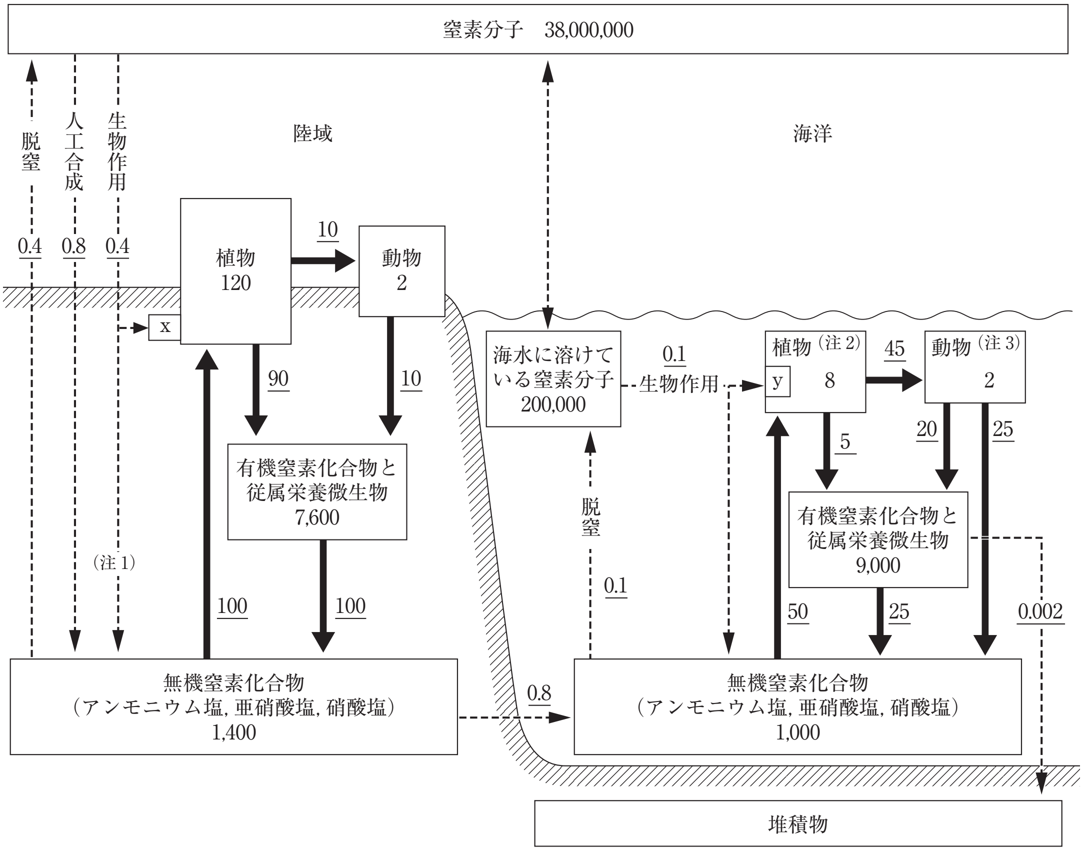


図 1　自然界における窒素の循環の概念図

数字は億トン窒素，下線のついた数字は年間の推定移動量を示す。

(注 1)　アゾトバクターなどの一部の生物の働きによる。

(注 2)　大部分が植物プランクトンからなる。

(注 3)　大部分が動物プランクトンからなる。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

〔文 3〕

大気と海水中には大量の窒素分子が存在し，それぞれ図１に示された太い窒素循環につながっている。つまり，(カ)窒素分子からも，生物作用で無機窒素化合物を作るしくみがある。しかし，窒素分子を利用できる生物は限られていて，自然界では窒素分子からつくられる無機窒素化合物の量は，陸域と海域で合わせて，年間に窒素概算で0.5億トン程度と推定されている。これは図１に示された太い窒素循環で移動している量に比べると著しく少ない。自然界にはまた(キ)生物により無機窒素化合物を窒素分子にもどす脱窒の働きがある。脱窒により窒素分子にもどる量は年間に0.5億トン程度と考えられ，窒素分子から無機窒素化合物が生物作用により生産される量とほぼ等しい。

〔文 4〕

窒素循環の中で，人や家畜も大きな役割を果たしている。たとえば，陸域の動物に含まれる窒素のうち，30～50％が人と家畜のものである。陸上の植物では，窒素は大部分が森林の樹木に含まれており，農作物に含まれるのは5％程度である。この農作物を育てるために，人は窒素分子からアンモニウム塩を人工的に合成して肥料として農地にまいている。その窒素量は1970年には世界中で年間0.3億トンだったものが，1989年には0.8億トンに増え，窒素分子から生物作用でできる無機窒素化合物の年間量を超えている。一方，人は無機窒素化合物から窒素分子に人工的にもどすことはしていない。

農地にまかれた窒素肥料のうち，農作物に吸収されるのはごく一部で，ほとんどが農地に残り，やがて雨に洗われて地下水や河川・湖沼に入り，沿岸海域にまでその影響は及ぶ。農業地帯の地下水は無機窒素化合物を高濃度で含むようになる。(ク)肥料としては，窒素以外にも生育の限定要因になりやすいリンやカリウムも同時に用いられる。通常，植物に利用されなかったリンは不溶性リン酸塩として土壌に吸着するが，一部は吸着されずに湖沼や沿岸海域に流れ出す。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

〔問〕

（Ⅰ）　文１について。次の小問に答えよ。

(A)　下線部(ア)について。人は，直接生命の維持に用いるエネルギーの他に，産業活動などで石油や石炭のエネルギーを使っている。これも，結局，太陽のエネルギーを使っていることになるが，それはなぜか。35字以内で述べよ。

(B)　下線部(イ)について。食物連鎖の段階を１つ経るごとに上位の生物の利用できる物質とエネルギーは減少してしまう。それはなぜか。40字以内で述べよ。

(C)　下線部(ウ)について。現在，大気中の二酸化炭素濃度が上昇し，地球温暖化の危険が指摘されているが，二酸化炭素濃度の上昇の原因は何か。35字以内で述べよ。

(D)　下線部(エ)について。好気的な呼吸は嫌気的な発酵に比べてなぜ効率的なのか。理由を70字以内で述べよ。

（Ⅱ）　文２について。次の小問に答えよ。

(A)　下線部(オ)について。次の問いに答えよ。

(a)　自然界でアンモニウム塩を硝酸塩へ変える生物作用を何というか。

(b)　また，それを進めている生物名を１つあげよ。

(B)　動物に対する植物の現存量は，陸域では60倍なのに対して海洋では４倍にすぎない。これは海洋の植物の窒素吸収率が高いことに起因していると考えられる。このことを図中の数値を用いて120字程度で説明せよ。

(C)　無機窒素化合物から植物を経た動物への窒素の流れは，陸域と海洋で大きく異なる。窒素の流れに，なぜそのような違いが生じるかを150字程度で述べよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(Ⅲ)　文３について。次の小問に答えよ。

(A)　下線部(カ)について。次の問いに答えよ。

(a)　自然界で大気中の窒素分子を生物が直接利用することを何というか。また，その際に窒素分子からつくられる無機窒素化合物名は何というか。

(b)　図１のｘで窒素分子を直接利用している生物名を１つあげよ。この生物は植物と共生している。同じくｙでの生物名を１つあげよ。

(B)　下線部(キ)について。脱窒について最も適当と思われるものを２つ選び番号で答えよ。

(1)　脱窒で使われる基質はアンモニウム塩である。

(2)　脱窒で使われる基質は硝酸塩である。

(3)　脱窒をする生物は一部の細菌である。

(4)　脱窒をする生物は一部の土壌動物である。

(5)　脱窒によって生物はエネルギーを獲得する。

(C)　図１は地球全体を示したものであり，地域によってはそれぞれの区分の窒素の現存量の割合が図１とは異なっている。たとえば，熱帯林では「有機窒素化合物と従属栄養微生物」と「無機窒素化合物」の区分の現存量は少なく，大部分が「植物」と「動物」の区分に含まれる。なぜそうなるのか，その理由を考えて70字以内で述べよ。

(Ⅳ)　文４について。次の小問に答えよ。

(A)　陸域には大量の無機窒素化合物が存在しているにもかかわらず，窒素肥料を人工合成して農地にまくのはなぜか。その理由として考えられることを70字以内で述べよ。

(B)　下線部(ク)について。窒素のみを肥料として与えたときと，リンやカリウムとともに与えたときで，無機窒素化合物から植物への窒素の流れの太さはどのようにちがうと考えられるか。理由とともに70字以内で述べよ。

(C)　陸域に人工肥料をまくことでおこる海洋の環境問題を１つあげよ。

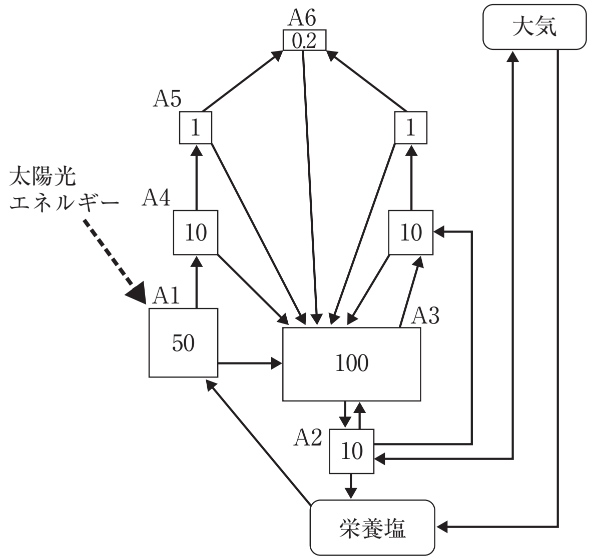
ⒸRECRUIT HOLDINGS

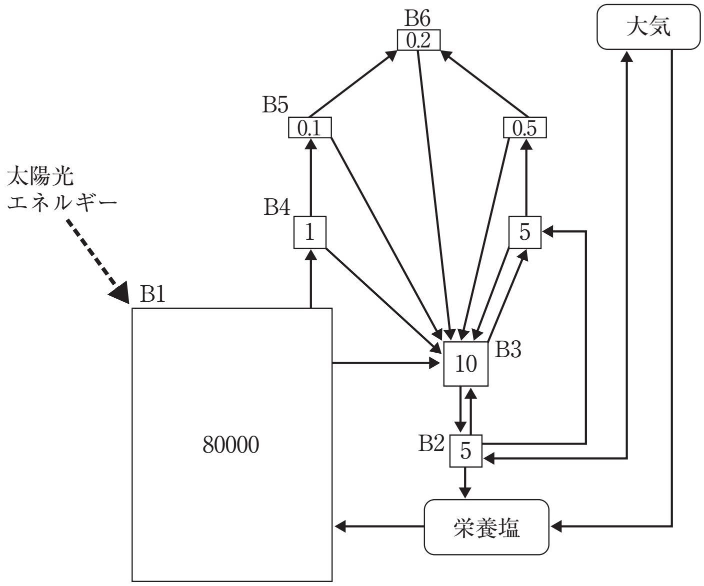
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第９講　確認テスト

生態系に関する次の文章を読み，問１～５に答えよ。

自然界は，森林，草地（草原），河川，湖沼や海洋等，それぞれ特徴をもった多様な生態系で構成されている。次の図は，仮想のＡ生態系とＢ生態系における，構成要素間の主な関係を示したものである。図中の四角は生態系の各構成要素を示し，その中の数字は生物量または物質量（単位面積あたりの生物重量または物質重量）を表している。なお，図中のA4～A6とB4～B6も栄養塩との関係（矢印）をもつが，この図では省略してある。





ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問１　図中のＡ生態系の構成要素を示すA1～A6に該当する適当な用語を，以下の(ア)～(カ)から選び答えよ。

(ア)　生産者　　(イ)　分解者　　(ウ)　一次消費者　　(エ)　二次消費者
(オ)　三次消費者　　(カ)　生物遺体・排出物等

問２　図中の矢印（実線）は，全体として生態系の構成要素間のどのような関係を表していると考えられるか。20字以内で述べよ。

問３

(1)　栄養段階が１段階高くなるごとに生物量は減少している。この時，栄養段階が１段階高くなるごとに個体数はどのように変化すると考えられるか。40字以内で述べよ。

(2)　この栄養段階にともなう個体数の変化を表す図を何と呼ぶか答えよ。

問４　Ａ生態系およびＢ生態系の主な違いについて40字以内で述べよ。

問５　森林，湖沼，海洋のそれぞれは，Ａ生態系およびＢ生態系のどちらのタイプとなると考えられるか答えよ。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

〈Note〉

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第９講

【1】

(Ⅰ)

(A)　光合成によってつくられた有機物が変質して，石油や石炭が生じたから。(33)

(B)　各栄養段階で呼吸，死滅，不消化排出物により失われる部分があるから。(33)

(C)　森林の急速な伐採や石油・石炭などの化石燃料の大量消費。

(D)　好気的な呼吸は，基質を完全に無機物へと分解し，多量のエネルギーを遊離させるが，嫌気的な発酵では，まだエネルギーをもつ生成物を産生するから。(69)

(Ⅱ)

(A)　(a)　硝化作用　　(b)　硝酸菌(亜硝酸菌)

(B)　陸上植物では現存量あたりの無機窒素化合物吸収量は$\frac{100}{120}=0.83$であるのに対して，海洋生物では$\frac{50}{8}=6.25$で，7.5倍になる。海洋植物は植物プランクトンで，全身が同化器官で陸上植物に比べ，単位現存量あたりの窒素吸収効率が高いため。

(C)　陸域では植物の吸収窒素量の10％が動物に移動するが，海洋では90％も移動する。これは，陸上植物では動物が食べることのできる部分は限定されるのに対して，海洋植物では大半が植物プランクトンからなり，全身が動物による捕食の対象となる。その結果，海洋では植物が得た無機窒素化合物の多くが，動物に利用されるため。(142)

(Ⅲ)

(A)　(a)　窒素固定，アンモニウム塩

　　(b)　x－根粒菌　y－シアノバクテリア(ネンジュモ，アナベナ)

(B)　(2)，(3)

(C)　熱帯林は高温多湿で，微生物による有機物の分解や植物による無機物の吸収が盛んなため，窒素化合物が土壌中に留まる時間が長いため。(62)

(Ⅳ)

(A)　農地で生産された作物は，それが運搬されて別の場所で消費されるため，分解されて生じる無機窒素化合物が農地に循環して戻ることがないから。(65)

(B)　生育の限定要因となっているリン，カリウムを同時に与えることで，植物の生育促進効果が増大するので，窒素の流れの太さは太くなる。(62)

(C)　赤潮の発生

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第９講　確認テスト

問１　A1　(ア)　A2　(イ)　A3　(カ)　A4　(ウ)　A5　(エ)　A6　(オ)

問２　構成要素間の物質(窒素)の循環を表す。

問３

(1)　一段階ごとに生物の大きさも大きくなるので，個体数は少なくなると考えられる。

(2)　個体数ピラミッド

問４　Ａ生態系は生産者の生物量が比較的小さいがＢ生態系ではかなり大きい。

問５　森林…Ｂ生態系　湖沼…Ａ生態系　海洋…Ａ生態系

【解説】

問１　A1は太陽光エネルギーを取り込んでいることから生産者であると考えられる。A4，A5，A6は，A1から段階的に矢印を受け取る構図から，A4が一次消費者，A5が二次消費者，A6が三次消費者となる。残りの分解者と生物遺体・排出物等は生産者・消費者 → “生物遺体・排出物等” → “分解者”と配置されるはずなので，A3が生物遺体・排出物等，A2が分解者となる。

問２　→は土壌中の栄養塩を経由しつつ生態系内を循環している。生態系内を循環する代表的なものとして，炭素や窒素がある。炭素の場合は，循環の構図の中に，大気中の二酸化炭素が生産者に炭酸同化として取り込まれる過程が含まれるはずである。土壌の栄養塩に含まれる成分であること，大気に含まれる成分であることを考慮すると，矢印は窒素の循環であると考えられる。

問３

(1)　一般的に捕食・被食の関係を考慮すると，高次栄養段階の生物の方が大型となる。高次栄養段階ほど生物量は減少し，１個体あたりの大きさも大きくなるので，個体数は減少するはずである。

(2)　各栄養段階がもつ“量”を帯状に表現し積み重ねたものを生態系ピラミッドとよぶ。“量”には，個体数や生物量，生産量などがある。生態系や状況によって個体数ピラミッドや生物量ピラミッドは逆転する可能性があるが，生産量ピラミッドは逆転することはない。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問４　Ａ生態系では，生産者の生物量が小さい割に消費者の生物量が大きい。これは根や茎などの非同化器官をもたない植物プランクトンが生産者の主体である水圏の生態系の特徴である。植物プランクトンは同化の効率も高いため，生物量が小さく見えても大きな生産量で消費者を支えることができる。一方，Ｂ生態系では，生産者の生物量が極端に大きいものの，消費者の生物量は非常に少ない。これはとくに木化した幹などの非同化器官が発達した森林生態系の特徴である。木本は可食部が少ないため，生物量は大きい割に，そこに生息する消費者の生物量は小さくなる。

問５　問４より，森林はＢ生態系，湖沼，海洋などの水圏生態系はＢとなる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。